

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské  
metrologie

Racionalizace technologického postupu výroby  
rozvlákňovací hlavy

Rationalization of the Technological Process of  
the Spinning Head

Student: Pavel Česnek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Šárka Malotová

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Česnek**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace technologického postupu výroby rozvlákňovací hlavy**  
**Rationalization of the Technological Process of the Spinning Head**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Rozdělení nástrojových materiálů.
3. Původní výroba vybraného dílce.
4. Návrh nové technologie výroby dílce.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [3] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] WHITNEY, E. Dow. *Ceramics Cutting Tools – Materials, Development and Performance*. Gainesville, Florida : Noyes Publication New Jersey, 1994, 350 p. ISBN 0-8155-1355-0.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Šárka Malotová**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

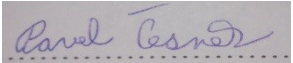
  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 14. 5. 2016

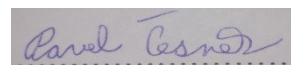
A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature appears to read 'Pavel Česnek'.

Pavel Česnek

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude v elektronické formě uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 14. 5. 2016



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Pavel Česnek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kníničská 88, Ostrovačice

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČESNEK, P. *Racionalizace technologického postupu výroby rozvlákňovacích hlav: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 48. Vedoucí práce: Malotová, Š.

Bakalářská práce se zabývá návrhem nové technologie výroby rozvlákňovací hlavy. V první části práce je popsáno rozdělení nástrojových materiálů a jejich vlastností. Druhá část se zaměřuje na danou problematiku. Je zde zahrnuta původní technologie výroby, použité řezné materiály a využití obráběcí stroje s následným uvedením návrhu nového řezného materiálu pro výrobu součástí. Konečným výsledkem je technicko - ekonomické zhodnocení obou technologií - obou řezných materiálů.

Klíčová slova: Rozvlákňovací hlava; nástrojové materiály; racionalizace výroby; obrábění

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ČESNEK, P. *Rationalization of the Technological Process of the Spinning Head: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2016, 48. Thesis supervisor: Malotová, Š.

The bachelor thesis deals at the on desining of new technology of production of spinning head. The first part of the thesis deals with dividing the tool materials and their features. The second part focuses on the issue itself. In this part, there is described the original production technology, used cutting materials and machine tools, with followed by the design of a new cutting material for production of components is then designed. The final result is a technical - economic evaluation of the both technologies and both cutting materials.

Key words: Spinning Head; Tool Materials; Rationalization; Machining

## OBSAH

Úvod.....	10
1 Rozdělení nástrojových materiálů.....	11
2 Nástrojové oceli .....	13
2.1. Uhlíkové nástrojové oceli nelegované.....	13
2.2. Slitinové nástrojové oceli legované .....	14
3 Rychlořezná ocel.....	15
4 Slinuté karbidy .....	17
5 Řezná keramika.....	20
6 Cermety .....	21
7 Supertvrdé nástrojové materiály .....	22
7.1 Diamant.....	22
7.2 Kubický nitrid bóru (CBN).....	22
8 Rozbor původní výrobní technologie.....	23
8.1 Popis vyráběné součásti .....	23
8.2 Popis materiálu součásti .....	24
8.3 Použité stroje původní technologie.....	24
8.4 Použité břitové destičky při původní technologii .....	27
9 Návrh nové výrobní technologie.....	31
9.1 Břitové destičky nové technologie .....	31
10 Technicko – ekonomické zhodnocení .....	36
10.1 Výpočet úspory.....	36
11 Závěr.....	42
Poděkování.....	43
Seznam použité literatury.....	44
Seznam obrázků .....	46
Seznam tabulek .....	47
Seznam příloh.....	48

## Seznam zkratek

<b>Značka</b>	<b>Veličina</b>	<b>Jednotka</b>
$A_5$	Tažnost	%
$C_P$	Cena za 1 kus	Kč
$C_{DP}$	Cena břitových destiček původní technologie	Kč
$C_{DN}$	Cena břitových destiček nové technologie	Kč
$HS$	Hodinová sazba stroje	Kč
$K_N$	Počet kusů za směnu nové technologie	-
$K_P$	Počet kusů za směnu původní technologie	-
$N_{CN}$	Celkové náklady na směnu původní technologie	Kč
$N_{CP}$	Celkové náklady na směnu nové technologie	Kč
$N_{DN}$	Náklady na destičky nové technologie	Kč
$N_{DP}$	Náklady na destičky původní technologie	Kč
$N_{SN}$	Strojní náklad nové technologie	Kč
$N_{SP}$	Strojní náklady původní technologie	Kč
$R_m$	Mez pevnosti	MPa
$R_N$	Rozdíl příjmů a nákladů za směnu nové tech.	Kč
$R_P$	Rozdíl příjmů a nákladů za směnu pův. tech.	Kč
$R_{p02}$	Mez kluzu při 0,2	MPa
$T$	Teplota	°C
$T_{ACN}$	Celkový strojní čas nové technologie	min
$T_{ACN1-14}$	Čas jednotlivých operací nové technologie	min
$T_{ACP}$	Celkový strojní čas původní technologie	min
$T_{ACP1-14}$	Čas jednotlivých operací původní technologie	min
$T_U$	Úspora časů	min

$U_{SN}$	Tržba za směnu nové technologie	Kč
$U_{SP}$	Tržba za směnu původní technologie	Kč
$Z$	Kontrakce	%
$f$	Posuv	mm
$f_z$	Posuv na zub	mm
$i$	Počet drah nástroje	-
$n$	Otáčky	$\text{min}^{-1}$
$v_c$	Řezná rychlost	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
$\alpha$	Úhel hřbetu	°
$\varepsilon_r$	Úhel špičky	°
$\lambda$	Úhel sklonu ostří	°
$\text{Al}_2\text{O}_3$	Oxid hlinitý	
C	Uhlík	
Co	Kobalt	
Cr	Chrom	
$\text{CrB}_2$	Borid chromu	
Cu	Měď	
Fe	Železo	
Mn	Mangan	
Mo	Molybden	
$\text{Mo}_6\text{B}_2$	Borid Molybdenu	
Nb	Niob	
Ni	Nikl	
P	Fosfor	
S	Síra	



Si	Křemík
Ta	Tantal
TiB <sub>2</sub>	Borid titanu
TiC	Karbid titanu
V	Vanad
W	Wolfram
CNC	Computer numerical control
HRC	Tvrdost podle Rockwella
RO	Rychlořezná ocel
SK	Slinutý karbid
VBD	Vyměnitelná břitová destička

## Úvod

Strojírenství je dnes nejhlavnějším odvětvím průmyslu. Dnešní doba klade stále náročnější požadavky na produktivitu a přesnost výroby strojních dílů. V technické praxi se setkáváme i s materiály, které mají speciální vlastnosti jako je žáruvzdornost nebo žárupevnost a těžkoobrobitelnost. Technologové v podnicích navrhnou nové postupy technologie výroby součásti obrábění, aby dosáhli co nejnižšího strojního času při obrábění a zároveň co nejnižších finančních nákladů i s ohledem na ekologii obrábění. V tomto případě se jedná o počtu břitových destiček a jejich materiálu. Výrobci nabízí širokou škálu řezných nástrojů od nástrojových ocelí přes slinuté karbidy až po ty nejtvrďší materiály jako diamant nebo kubický nitrid boru (CBN).

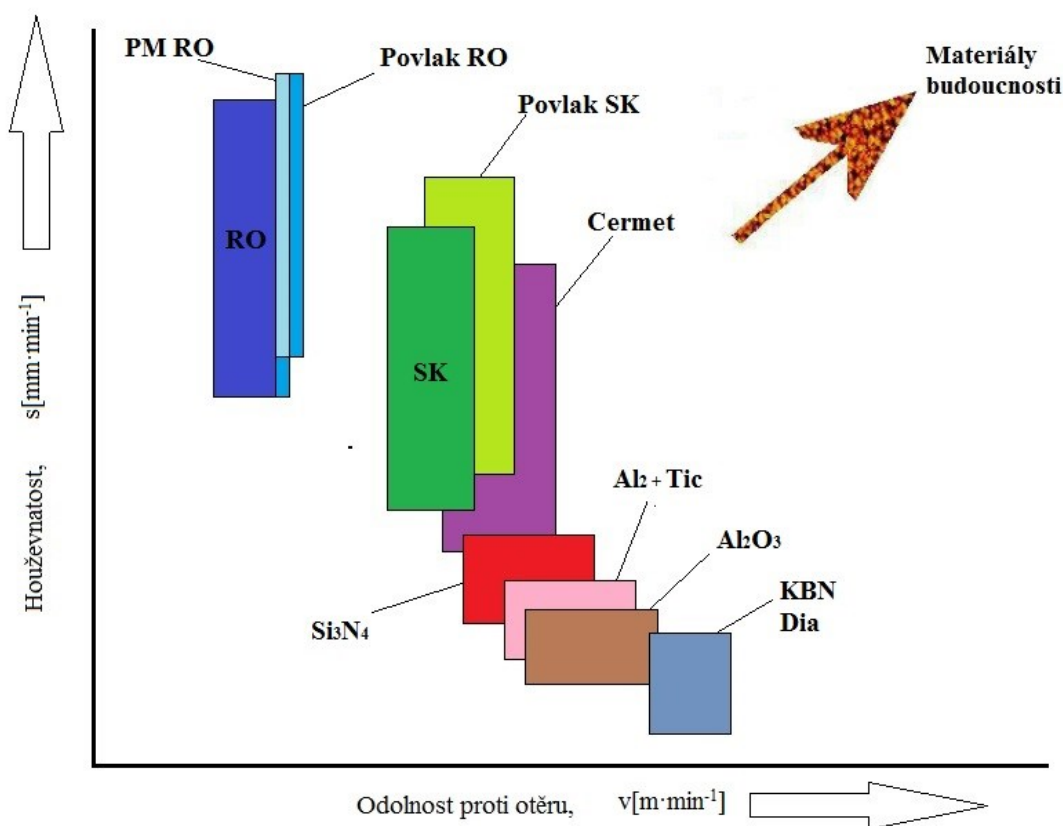
Tato bakalářská práce řeší problematiku inovace technologie výroby rozvlákňovacích hlav zadanou ve firmě PBS Velká Bíteš a.s., která má široké zaměření své výroby do různých odvětví průmyslu. Zabývá se především výrobou vysokootáčkových strojů pro letecký i dopravní průmysl a energetiku. Je to komplexní firma, která je schopna řídit výrobu od počátku až po expedici výrobku z firmy. Zajišťuje přesnou výrobu odlitků a také povrchové úpravy například galvanické povlakování.

Bakalářská práce se zaměřuje především na nalezení řezného materiálu, který zajistí snížení strojního času výroby součásti, a je možno ho použít k obrábění žáruvzdorných a žárupevných materiálů při vyšších řezných rychlostech než je například slinutý karbid. Dále jsou v práci navrženy nové řezné podmínky, které zároveň umožní snížení nákladů na výrobu rozvlákňovací hlavy.

# 1 Rozdělení nástrojových materiálů

## Historie nástrojových materiálů

V národním hospodářství představují nástroje nezanedbatelnou položku. Vývoj nástrojových materiálů, probíhal hlavně ve 20. století od 30. let. V roce 1900 trvala jedna operace při obrábění zhruba 100 minut. Poté přišlo vyvinutí rychlořezných ocelí a velké zrychlení asi na 26 min. Až v roce 1930 byl vyvinut první slinutý karbid a strojní čas klesl, na pouhých 6 min. Slinuté karbidy jsou až do dnes nejpoužívanějším řezným materiálem. V dnešní době jsou kladeny stále větší nároky na kvalitu všech druhů nástrojů vzhledem k progresivním technologiím, novým strojům. Samotný výkon a životnost nástrojů jsou závislé především na vybraném nástrojovém materiálu, ale jsou také závislé na celé řadě faktorů. Důležitým parametrem ekonomiky obráběcí operace je správná volba nástrojového materiálu. Do významných faktorů produktivity spadá samotný strojní čas a čas potřebný na výměnu otupeného nástroje. V důsledku vyšších požadavků na materiály lze počítat, že v blízké budoucnosti nebude vynalezen nový řezný materiál, ale spíše se bude zdokonalovat technologie výroby a specifikovat optimální využití již známých materiálů. [1]



Obr. 1.1 Vývoj materiálů pro obráběcí nástroje [1]

**Ideální řezný materiál by měl mít tyto vlastnosti:**

- Dostatečnou tvrdost,
- vysokou houževnatost,
- odolnost proti teplotnímu rázu,
- schopnost neztrácet chemickou stálost a tvrdost za vysokých teplot,
- chemickou stabilitu,
- chemicky neutrální chování vůči obráběným materiálům.

**Rozdělení nástrojových materiálů**

Nástrojové materiály rozdělujeme podle vlastností, složení, povahy a vhodnosti použití do jednotlivých skupin:

- Oceli:
  - Uhlíkové,
  - slitinové legované,
  - rychlořezná ocel.
- Slinuté karbidy:
  - Nepovlakované SK,
  - povlakované SK.
- Řezná keramika:
  - Boridy,
  - nitridy.
- Velmi tvrdé materiály:
  - Polykristalický diamant,
  - kubický nitrid bóru (CBN).

**Dle výroby a definované řezné geometrie lze dělit nástroje na:**

- Kovové (vyrobené klasickým tavením),
- spékané (vyrobené práškovou metalurgií),
- keramické (nekovové prášky lisované).

**Rozdělení materiálů dle ISO 513 :**

- **P** (modrá barva značení) WC + TiC + Co
- **M** (žlutá barva značení) WC + TiC + TaC. NbC + Co
- **K** (červená barva značení) WC + Co
- **N** (zelená barva značení)
- **S** (hnědá barva značení)
- **H** (šedá barva označení)

## 2 Nástrojové oceli

Různý způsob mechanického i tepelného namáhání činné části nástroje vyžaduje rozdílné mechanické a fyzikální vlastnosti nástrojových ocelí, které jsou zajištěny jejich vhodným legováním a tepelným zpracováním. Základní požadované vlastnosti pro všechny skupiny nástrojových materiálů jsou:

- Tvrdost (pevnost),
- houževnatost,
- odolnost proti opotřebení,
- kalitelnost a prokalitelnost,
- řezivost,
- odolnost proti ohybu,
- stálost rozměrů.

**Nástrojové oceli se rozdělují podle následujících hledisek:**

- Podle druhu ochlazovacího prostředí,
- podle účelu použití,
- podle chemického složení.

Nástrojovým ocelím je v normách vyhrazena samostatná třída 19 xxx. Rozdělení a označení nástrojových ocelí podle ČSN 42 0002. První číslice v základní pětimístné značce je jednička a vyjadřuje, že jde o oceli tvářené. První dvojčíslí určuje třídu oceli. Třetí číslice vyjadřuje přísadovou skupinu resp. kombinaci přísadových prvků. Čtvrtá číslice vyjadřuje u nástrojových ocelí slitinových příslušnou kombinaci přísadových prvků. Pátá číslice je pořadovou číslicí a rozlišuje jemnější jakost ocelí podle určitého způsobu výroby. [1]

### 2.1. Uhlíkové nástrojové oceli nelegované

Uhlíkové nástrojové oceli používáme pro tvarově jednoduché nástroje k obrábění materiálů s malou pevností a malou řeznou rychlostí. Jedná se zejména o nástroje pro ruční obrábění (například pilníky, ruční závitníky a výstružníky), dále o nástroje pro ruční i strojní obrábění dřeva nebo podobných materiálů. Tvrdost uhlíkových nástrojových materiálů je dosažena procesem kalení do vody na martenzit. Tyto nástrojové oceli obsahují 1,1 až 1,35 % uhlíku. Díky malé prokalitelnosti vzniká negativní důsledek z důvodu velké rychlosti ochlazení a může dojít ke značným tvarovým deformacím nástroje. Uhlíková ocel má také malou odolnost proti popouštění. Tvrdost si zachovávají do teploty 250 – 300 °C. [1],[4]

## 2.2. Slitinové nástrojové oceli legované

Tyto oceli jsou vhodné pro nástroje, které pracují při menším namáhání, to je při menších až středních výkonech a malých řezných rychlostích. Vyrábí se z nich vrtáky, závitníky a závitořezné čelisti. Obsahují 1,1 až 1,5 % uhlíku, dále obsahují chrom, wolfram a vanad. Potřebná tvrdost materiálu se dosáhne kalením. Tento typ oceli se kalí do vody nebo do oleje a po kalení následuje jednoduché popouštění. Obsahuje tzv. legující prvky, které zvyšují prokalitelnost tak, že ochlazovací rychlost může být při kalení relativně nižší. Díky této vlastnosti nedochází k tak velké deformaci nástrojů. Další výhodou legujících prvků je zvýšení celkové tvrdosti, odolnosti proti opotřebení a trvanlivosti ostří břitů. Tvrdost si zachovávají do teplot 200 až 260 °C. Podle obsahu legujících prvků je rozdělujeme na manganové, chromové a wolframové. [4],[7]

Tab. 1 Rozdělení nástrojových ocelí

<b>Oceli manganové (19 3xx)</b>
Tento typ ocelí se používá tam kde je třeba rozměrové a tvarové přesnosti to je u měřidel, závitníků a závitových čelistí. Obsahuje – li ocel více než 20 % Mn tvoří se tvrdé karbidy manganu. Na tvrdost oceli nemá vliv menšího obsahu manganu. Při obsahu kolem 2 % Mn se oceli při kalení minimálně deformují a vykazují vysokou rozměrovou stálost (19 312). [8]
<b>Oceli chromové (19 4xx)</b>
Chrom jako přísada zvyšuje tvrdost, prokalitelnost a také otěruvzdornost. Chrom tvoří samostatné karbidy vysoké tvrdosti a i za vyšších teplot stabilizuje karbidy ostatních prvků. Tyto oceli jsou kalitelné na vzduchu od obsahu chromu 4%. Pevnost a houževnatost tohoto typu oceli se zvyšuje, díky tomu že chrom je rozpouštěn nejen do karbidů ale také do základní hmoty feritu. Používá se tedy u nástrojů, kde je požadovaná vysoká tvrdost, houževnatost a snadné tepelné zpracování např. frézy, protahovací trny, šroubovitě vrtáky, tvarové nože, výstružníky. Díky své rozměrové a tvarové stálosti se používají k výrobě nejpřesnějších měřidel. Jsou vhodné i pro obrábění špatně tepelně vodivých a velmi tvrdých materiálů.(19 436). [8]
<b>Oceli wolframové (19 7xx)</b>
Stejně jako oceli chromové a tak i wolfram tvoří samostatné velmi tvrdé karbidy a tak jsou schopny zachovat tvrdost i za vyšších teplot. Wolfram se často kombinuje s vanadem a chromem. Tyto oceli se používají při výrobě chirurgických nástrojů, závitořezných nástrojů, nejkvalitnějších šroubových vrtáků a fréz. Jsou velmi vhodné pro obrábění velmi tvrdých a špatně tepelně vodivých materiálů (korek, dřevo, pryž, lepenka). [9]

### 3 Rychlořezná ocel

Rychlořezné oceli (RO), tvoří samostatnou skupinu vysokolegovaných ocelí tzn., že součet všech legovaných prvků je vyšší než 10%. Jsou nejvýkonnějším druhem nástrojových ocelí s hlavními přísadovými prvky W, Co, Mo, Cr, V a dalšími. Zachovávají si svoji tvrdost při teplotách až do 600 °C a umožňují dvou až trojnásobné zvýšení řezné rychlosti oproti uhlíkovým nástrojovým ocelím. Rychlořezné oceli jsou velmi citlivé na prudký ohřev. Proto se při kalení ohřívají stupňovitě na 550 °C, 850 °C, 1050 °C. Během výdrže se prohřejí v celém průřezu a následuje ochlazení kritickou rychlostí do solné lázně na teplotu 450 °C s výdrží 15 min. (za účelem vyrovnaní teploty) a s dochlazením na vzduchu. Ve výsledné struktuře je obsažen martenzit a značné procento zbytkového austenitu, který částečně z této struktury odstraníme několikanásobným popouštěním na teplotu 500 °C s následujícím ochlazením vzduchem. Za účelem snížení zbytkového austenitu se zařazuje zmrazování. V zakaleném a popuštěném stavu mají vysokou řezivost, odolnost proti otěru a hlavně proti popouštění. Pro více namáhané nástroje, používané ve výrobě, se používá wolframových ocelí legovaných (superrychlostní RO). [1], [5], [6]

Rychlořezné oceli na lité nástroje se používají z ekonomických důvodů s ohledem na nedostatek a cenu legujících prvků. Nástroje vyrobené z těchto ocelí mají lepší řezivost, než nástroje z ocelí tvářených, ale jsou křehčí, např. frézy, výhrubníky, lité břitové destičky soustružnických nožů apod. Na výrobu těchto nástrojů se používá normalizovaná rychlořezná ocel 422992 s obsahem Cr, Mo, V a 10 % W. [18]



Obr. 3.1 Nástroje z rychlořezné oceli [3]

**Příklady použití vybraných druhů rychlořezných ocelí:**

Tab. 2 Rozdělení rychlořezných ocelí [1]

<b>19 800</b>
Na vysoce namáhané nástroje s nepříznivým tvarem. Kalicí teplota 1 220 °C až 1 240 °C s ochlazením v termální lázni o teplotě 530 °C až 550 °C, popouštěcí teplota 560 °C, 3krát se popouští
<b>19 824</b>
Pro nástroje na oceli, ocelolitinu, a to zejména frézy, vrtáky, záhlubníky, protahovací trny a další. Kalicí teplota je 1 250 °C až 1 270 °C. Kalí se do lázně o teplotě 530 °C až 550 °C a 3 krát se popouští na teplotu 560 °C až 570 °C.
<b>19 802</b>
Na značně namáhané nástroje určené především k obrábění hrubováním materiálu o nižší a střední pevnosti. Jsou vhodné pro nože, frézy, zuby a segmenty pilových kotoučů, vrtáky, protahovací trny, výstružníky, nástroje na závity, obrážecí nože na ozubení atd.
<b>19 810</b>
Na značně namáhané nástroje určené především k jemnému a přesnému obrábění oceli a ocelolitin o nižší a střední pevnosti, šedé litiny, mosazi, a tvrdých hmot. Vhodné zejména na soustružnické a upichovací nože, nože do automatů, frézy a výstružníky. Kalicí teplota je 1 240 °C až 1 260 °C s ochlazením do lázně o teplotě 530 °C až 550 °C. Třikrát se popouští za teploty 560 °C až 570 °C
<b>19 830</b>
Pro značně namáhané nástroje určené k obrábění materiálů střední a vyšší pevnosti, jedná se zejména o nástroje, u nichž se vyžaduje zvláště dobrá houževnatost, jako jsou frézy, vrtáky, závitníky, výstružníky, obrážecí nože na ozubení atd.
<b>19 852</b>
Na velmi namáhané nástroje k obrábění oceli a ocelolitin o vysoké pevnosti, materiálů těžko obrobitelných, tvrdé litiny apod. Vyžaduje se u nich zvláště dobrá houževnatost, zejména u odvalovacích a tvarových fréz, nejvýkonnějších závitníků, vrtáků a výstružníků, protahovacích trnů, tvarových nožů, obrážecích a hoblovacích nožů atd.
<b>19 855</b>
Používá se na zvláště namáhané soustružnické nože a odvalovací frézy. Kalicí teplota je 1 280 °C až 1 290 °C, ochlazení do solné lázně o teplotě 530 °C až 550 °C. Třikrát popouštíme za teploty 580 °C.
<b>19 856</b>
Na velmi namáhané nástroje určené k obrábění oceli a ocelolitin o vysoké pevnosti a těžko obrobitelných materiálů při vysokých rychlostech, zejména pro obrážecí nože na ozubení, frézy atd.
<b>19 858</b>
Na nejvýše namáhané nástroje určené k jemnému a přesnému obrábění oceli a ocelolitin o vysoké pevnosti, materiálů těžko obrobitelných, slitin hliníku a velmi tvrdých hmot. Použití zejména na všechny druhy nástrojů do linek a automatů. [9]



## 4 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy (SK), se po celou dobu své existence postupem času vyvíjely vpřed z hlediska zvýšení řezných vlastností nástrojových materiálů i z hlediska produktivity práce. Předpokládá se jejich další vývoj. Díky vyvíjení tohoto druhu řezného materiálu umožňují pěti až osminásobné zvýšení řezné rychlosti oproti RO. Jsou produktem práškové metalurgie. Tvoří dnes největší část používaných řezných materiálů. [1]

### **Slinutý karbid má tyto technologické možnosti:**

- Může spojovat kovy i nekovy v jednotný celek,
- zpracovat těžko tavitelné kovy i nekovy při nižší teplotě než je jejich teplota tavení,
- spojovat kovy, které mají omezenou rozpustnost v libovolném poměru,
- vyrobit kovy nebo slitiny s přesným složením, tím jsou zaručeny určité fyzikální a mechanické vlastnosti jako magnetičnost, tvrdost, vodivost atd.,
- vyrobit kovy s potřebnou strukturou např. na plátky slinutých karbidů, pórovitost na samomazná ložiska atd.

Práškovou metalurgii lze použít ve výrobě materiálů, které nelze vyrobit klasickou metalurgií, používá se při výrobě běžných strojírenských součástí jak ve velkosériové, tak i v malosériové výrobě. Výhody práškové metalurgie spočívají ve vysoké produktivitě práce při výrobě především tvarově složitých součástí, minimální zmetkovitosti, velké rozměrové přesnosti a vysokém využití přípravného výchozího materiálu s malým odpadem. Nevýhoda práškové metalurgie je ve velkých nárocích a tím i nákladech na lisovací nástroje dále menší hutnost tím i pevnost a houževnatost materiálu.

### **Postup výroby:**

- Prášky vyrobíme mechanicky, fyzikálně a chemicky,
- lisování,
- spékání,
- úpravy spékaných výrobků.

Vlastní výroba slinutých karbidů spočívá ve smíchání prášků jednotlivých karbidů kovů jako nositelů tvrdosti, a pojidla kobaltu, který je v první řadě zodpovědný za houževnatost. Příměsemi karbidu titanu nebo karbidu tantalu se zlepší především vlastnosti při vysokých teplotách. Zlepší se nám vlastnosti odolnost proti oxidaci, tvrdost za tepla a odolnost proti tepelnému působení. Smíchané prášky se tvarově lisují, předběžně

se spékají za teploty 900 °C, dotvarují se řezáním, obráběním nebo broušením. Spékají se při teplotě 1 400 °C až 1 600 °C a brousí se diamantovým nebo karborundovým kotoučem. [11]

**Při spékání získávají slinuté karbidy tyto vlastnosti:**

- Vysoká tvrdost 88 až 93 HRC, velká pevnost v tlaku,
- velká odolnost proti opotřebení při vysokých teplotách do 700 °C až 1000 °C,
- odolnost proti korozi,
- vysoká měrná hmotnost,
- špatná tepelná a elektrická vodivost.

Jejich nedostatkem je velká křehkost vyžadující tuhou soustavu nástroj – stroj – obrobek. Podle chemického složení rozdělujeme karbidy do **tří skupin**:

- **Jednokarbidové (WC+Co)** označované K, červenou barvou,
- **dvoukarbidové (WC+TiC+Co)** označované P, modrou barvou,
- **kombinované (WC+TiC+Cr<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>+Co)** označované M, žlutou barvou.

Prvním typem SK jsou nepovlakované slinuté karbidy, které se používají nejčastěji při frézování, při soustružení a vrtání se používají méně často. Používají se pro práci s malými tloušťkami třísek, které vyžadují ostré břity a operace s největší houževnatostí. Dále se používají při obrábění neželezných kovů a nekovů.



*Obr. 4.1 Nástroje ze Slinutých karbidů [3]*

Druhým typem jsou povlakované slinuté karbidy, díky kterým se dá dosáhnout nejvyšší míry odolnosti vůči opotřebení a dobré houževnatosti. Jednovrstvý povlak

má tloušťku 4μm až 8μm a má homogenní jemnozrnnou strukturu a dobře kopíruje tvar funkční geometrie, vícevrstvé povlaky mají tloušťku až do 15μ. Díky tomu získáme ostrý břit s minimálním zaoblením břitu. Nanesená vrstva má vysokou tvrdost a umožňuje použití vyšších řezných rychlostí, protože povlakové vrstvy nedifundují do třísky tak rychle, jako karbid wolframu. Povrchové vrstvy karbidu se nanáší z plynné fáze při teplotě kolem 1 000 °C. K nejnovější metodě nanášení povlaků patří vakuové plazmatické nanášení chemických par. Tato technologie nám dovoluje nanášet povlaky za nižších teplot asi kolem 500 °C. Dvouvrstvé povlaky jsou velmi odolné proti otěru, jsou určeny pro nadměrné mechanické namáhání břitu, jako frézování silně přerušovaným řezem, upichování, zapichování nebo soustružení závitů. [1], [3], [4]

### Výhody povlakovaných SK:

- Dobré třecí vlastnosti (snižuje tření až o 15 až 28 %),
- vysoká mikrotvrdost,
- odolnost proti difuzi,
- umožňují zvýšit řeznou rychlost o (30 – 70 %) ve srovnání se stejným nepovlakovaným materiálem SK,
- jejich optimální využití je v rozsahu posuvů,  $f = (0,5 – 0,8)$  mm,



Obr. 4.2 Povlakované destičky z SK [3]



Obr. 4.3 Čelní fréza s vrtákem z SK [3]

## 5 Řezná keramika

Tato skupina zahrnuje sloučeniny kovu s křemíkem, dusíkem, bórem, kyslíkem a nekovové tvrdé látky. Hlavní vlastnosti těchto řezných materiálů je vysoká tvrdost za vysokých teplot řezání až 1 600 °C, ale malá pevnost v ohybu. Jsou to v podstatě slinuté korundy, které mají vysokou stálost za teploty cca do 1 600 °C. Počáteční surovinou jsou jemnozrnné prášky, které se mísí, tvarují, suší, slinují a upravují do konečného tvaru. Oproti SK neobsahuje řezná keramika žádné pojící složky. Dělíme je na tři základní skupiny dle chemického složení, vlastností a doporučeného použití:

- **Čistá keramika:** uplatňuje se v porovnání s RO a SK pro dokončování při soustružení šedé litiny nelegovaných a nízkolegovaných ocelí díky svým vlastnostem pro vysokou otěruvzdornost, tvrdost a vodné mechanické vlastnosti
- **Směsná keramika:** na bázi nitridu křemíku spojuje velkou tvrdost se stálostí při vysokých teplotách. Doporučuje se pro dokončování i hrubování šedé litiny, dále vhodná i pro přerušované řezy, vhodná pro soustružení žáropevných slitin na bázi niklu.
- **Řezná keramika:** má vysokou odolnost proti abrazivnímu opotřebení, chemickým vlivům a vysokou odolnost vůči poklesu tvrdosti při vysokých teplotách. Při obrábění je nutné mít stabilní technologické podmínky, dostatečně výkonné stroje s vysokými otáčkami vřetene, vysokou tuhostí a přesností chodu vřetena, mechanizovaný odběr třísek při provozu, tuhé obrobky s tuhým upnutím. Tyto podmínky splňují moderní automatizované obráběcí stroje. [1], [3], [17]



Obr. 5.1 Nástroje z řezné keramiky [3]

## 6 Cermety

Název CERMET vznikl spojením dvou slov a to CERamics (keramika) a METal (kov). Neobsahují kobalt ani wolfram a jsou tak relativně cenově dostupné. Jsou to slinuté materiály na bázi karbonitridu titanu s pojící fází kobaltu a niklu. Mají vysokou teplotu odolností, proti otěru na hřbetu a tvorbě výmolu na čele. Jsou schopny dlouhodobě udržovat přesnost výrobku a vysokou jakost povrchu. Jsou vhodné pro jemné a dokončovací obrábění uhlíkových, legovaných, kalených, a popouštěných ocelí a nepřerušovaným řezem při vysokých řezných rychlostech, malými posuvy a malou hloubkou řezu. Mají dobrou chemickou stabilitu, nízkou houževnatost a malý sklon k oxidačnímu opotřebení a k tvorbě nárůstku. Jejich charakteristická vlastnost je nízká měrná hmotnost. Cermety mohou být také povlakovány za účelem prodloužení trvanlivosti břitů a zvýšení řezné rychlosti. Vývoj cermetů je velmi intenzivní lze očekávat jejich rozšiřování v oblasti obrábění. Nejvíce se cermety používají v Japonsku, kde mají zastoupení až 28 %, v Evropě a USA mají zastoupení 23 %. Novinkou na trhu jsou cermety s postupnou změnou vlastností od houževnatého jádra do tvrdé podpovrchové vrstvy získané speciálním procesem slinování. [1], [3], [20]



Obr. 6.1 Nástroje a VBD z Cermetů [3]

Do cermetů patří boridy, jsou to vlastně slinuté karbidy skládající se z boridů chromu  $\text{CrB}_2$ , molybdenu  $\text{Mo}_6\text{B}_2$ , titanu  $\text{TiB}_2$  a kovového pojiva Cu, Fe, Ni. Jejich nevýhodou je křehkost. Boridy zatím nenahrazují slinuté karbidy. [3]

Další součástí Cermetů jsou nitridy, ty jsou zatím jako řezný materiál pro svou křehkost nepoužitelné. Lze předpokládat další vývoj tohoto materiálu. [3]

## 7 Supertvrdé nástrojové materiály

### 7.1 Diamant

Diamant nebo taky polykrystalický diamant je izotropní. Jeho zrnitá struktura dovoluje vybroušení velmi ostrých břitů, bez jakýchkoliv zoubků. Doporučuje se pro obrábění všech neželezných kovů a nekovových materiálů např. sklolaminátů, kaučuku, grafitu, skla atd. Z kovových materiálů je vhodný pro obrábění slitin hliníku, mědi, titanu, při vysokých řezných rychlostech. Nevýhoda je vysoká pořizovací cena. Diamant je nejtvrdší přírodní materiál který používáme pro obrábění. Má výbornou odolnost proti abrazivnímu opotřebení, dobrou tepelnou vodivost a nízký koeficient tření. [1], [3],



Obr. 7.1 Fréza z diamantu [2]

### 7.2 Kubický nitrid bóru (CBN)

Je to syntetický materiál, který je hned po diamantu nejtvrdší materiál. Má vysokou odolnost proti opotřebení a vysokou chemickou stabilitu. Je schopen obrábět tvrdé žárovečné materiály, superslitiny, slinuté karbidy, kalené oceli a nežíhané tvrdé litiny. Používá se pro dokončovací operace. Vyrábí se při vysokých teplotách a tlacích. Lze obrábět za teplot až 1300 °C. Zaručují nám kvalitu obrobeného povrchu, proto stále častěji nahrazují dokončování broušením a také zvýšený odběr materiálu a díky tomu dochází ke snížení strojního času a zvýšení produktivity práce. Při použití těchto nástrojů je třeba mít výkonný stroj, malé vyložení nástroje a mít tuhou soustavu stroj-nástroj-obrobek. Použití tohoto materiálu bude stále více při obrábění za sucha. Tento materiál také umožňuje vysokorychlostní broušení. [1], [19]



Obr. 7.2 Nástroje a VBD z kubického nitridu bóru [3]



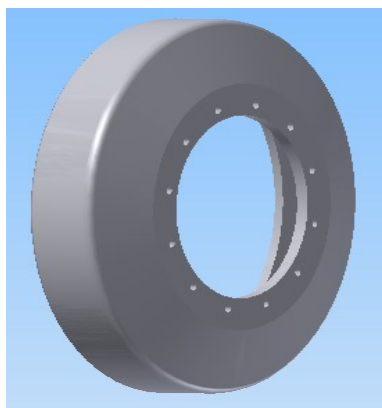
## 8 Rozbor původní výrobní technologie

### 8.1 Popis vyráběné součásti

Výrobní výkres rozvlákňovací hlavy je v **Příloze A**. Hotová součást je vymodelována ve 3D v programu Solidworks na obrázku 8.1.

Těleso rozvlákňovací hlavy je odlitek z materiálu **141 I**. Je to rotační součást o průměru 500 mm, kde je vrtáno 12 otvorů. Nejdříve je součást odlita ve slévárně, po odlití nedochází k žádnému tepelnému zpracování. Dále je soustružena upravenými noži, následuje vrtání otvorů a kontrola součásti na tříosém měřícím stroji. Výrobek je dále expedován do německé firmy, kde je s využitím laseru vytvořeno několik set otvorů po vnějším obvodu součásti, které pak budou sloužit k protlačování skelných vláken za vysoké teploty skrz rozvlákňovací hlavu.

Vlivem rotace rozvlákňovací hlavy se skelná vlákna budou po určité délce odtrhávat a následně jsou pak aplikovány do skelné vaty, která slouží jako izolace budov.



Obr. 8.1 3D model rozvlákňovací hlavy



Obr. 8.2 Rozvlákňovací hlava

## 8.2 Popis materiálu součásti

Součást je vyrobena ze superslitiny na bázi niklu, označovaná **141 I**. Tento materiál není uveden v žádné oficiální normované tabulce. Byl vyvinut speciálně za účelem výroby rozvlákňovacích hlav a firma PBS Velká Bíteš je jediná z firem v České republice, která tento materiál produkuje. Materiál byl vyvinut prof. Ing. Karel Hrbáčkem CSc. Tento materiál má podobné vlastnosti jako materiál INCONEL. Je to superslitina, která se řadí do kategorie, kde je požadovaná vysoká mechanická odolnost, stálost za vysokých teplot a odolnost proti oxidaci a korozi. Má typické vlastnosti, a to žáruvzdornost, žárupevnost a těžkoobrobitelnost. Za těchto extrémních podmínek nemění své vlastnosti. Chemické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 1. Mechanické vlastnosti při různých teplotách jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 3 Chemické složení materiálu 141 I [%]

C	Mn	Si	Cr	Fe	Nb	Ta	W
0,3 - 0,4	max. 1	max. 1	24 - 28	7 - 9	0,7 - 1,3	0,8 - 1,2	4,5 - 5,5
P	S			Co		Ni	
max. 0,03	max. 0,031			3,5-4,5		zbytek	

Tab. 4 Mechanické vlastnosti 141 I při zkoušení za různých teplot

Teplota zkoušky [°C]	R <sub>p02</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	Z [%]
20	332	535	15,3	16,1
20	317	521	15,3	16,1
20	312	490	10,7	13,0
700	188	360	15,7	25,1
750	185	375	21,8	24,1
800	185	299	21,6	31,8
850	176	244	24,6	39,5
900	172	195	20,0	43,6
950	133	151	28,1	45,9
1000	101	118	28,2	47,7

## 8.3 Použité stroje původní technologie

Veškeré soustružení bylo provedeno na CNC soustruhu CTX-600 a při vrtání bylo použito CNC obráběcí centrum. Tyto stroje jsou ve vlastnictví firmy a byly využity pro původní i nový návrh technologie výroby.



### - CNC soustruh CTX-600 serie 2 GILDEMEISTER

Veškeré soustružnické práce (hrubování a dokončování) na této součásti byl použit tento CNC soustruh, který lze mimo jiné použít pro obrábění tyčových materiálů vnějších i vnitřních ploch válcových, kuželových, pro vrtání otvorů a výrobu závitů. Na obrázku 8.3 je zobrazen použitý CNC soustruh CTX 600 serie 2 GILDEMEISTER a tabulka 3 uvádí jeho technologické parametry.

**Při obrábění obou stran součásti byl výrobní čas na tomto stroji 234 min a přípravný byl čas 230 min.**



Obr. 8.3 CNC soustruh CTX 600 serie 2 GILDEMEISTER

Tab. 5 Technické parametry stroje CTX - 600

Maximální délka soustružení (osa Z)	1270 mm
Průměr soustružení nad ložem (max.)	685,8 mm
Průměr otvoru vřetena	107 mm
Maximální rychlost otáčení hlavního vřetena	2800 min <sup>-1</sup>
Celkový počet nástrojů v revolverové hlavě	12 ks
Výkon motoru	30 kW
Hmotnost stroje	9 000 kg
Rozměry stroje d x š x v	5100x2200x2000 mm
Kužel dutiny v pinole	MORSE 5

### - Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260 Standard

Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260 Standard má mnohostranné využití. Může se na něm provádět jak operace frézování, tak i vrtání, vyvrtávání otvorů a výroba závitů. Centrum je vyrobeno ve firmě TAJMAC-ZPS a.s. Součástí tohoto centra je i souvisle otočný stůl a díky tomu rozšiřuje technologické možnosti obráběcího stroje. Obrobek je možno otáčet a polohovat dle potřeby. Stroj je vybaven elektronickou kompenzací

teplotních dilatací. Na obrázku 8.4 je zobrazeno použité obráběcí centrum MCV 1260 Standard a tabulka 3 uvádí jeho technologické parametry.

**Celkový výrobní čas na tomto stroji byl 13,59 min a přípravný čas zde byl 60 min.**



*Obr. 8.4 Obráběcí centrum MCFV 1260 Standard*

Tab. 6 Technické parametry stroje MCFV 1260 Standard[14]

Rozměry pracovní plochy stolu	(1450 x 590) mm
Pojezd osy X	1270 mm
Pojezd osy Y	610 mm
Pojezd osy Z	760 mm
Upínací kužel vřetena	ISO 40
Výkon elektromotoru	20/28 kW
Rozměry stroje d x š x v	(3200 x 2120 x 3150) mm
Hmotnost stroje	8300 kg
Max. počet otáček	10000 min <sup>-1</sup>

#### - Třísouřadnicový měřicí stroj Zeiss ACCURA 2

Uvedený stroj slouží ke kontrole veškerých rozměrů, které jsou soustruženy. Kontrola otvorů probíhá pomocí digitálního posuvného měřidla. Tento stroj má instalovaný systém Calypso 5.4. Stroj je schopen vzhledem vysoce efektivní izolaci zvolit teplotu na měřicím pracovišti (20 – 26) °C. Na obrázku 8.5 je zobrazen použitý třísouřadnicový měřicí stroj Zeiss ACCURA 2 a tabulka 5 uvádí jeho technologické parametry.



Obr. 8.5 Měřicí stroj Zeiss ACURRA 2

Tab. 7 Technické parametry stroje Zeiss ACURRA 2 [13]

Měřicí prostor	(1200 x 1800 x 1000) mm
Max. hmotnost výrobku	500 kg
Chyba měření délky	od 1,2 + L/350 $\mu\text{m}$
Rychlost pojezdu	800 mm · s <sup>-1</sup>

#### 8.4 Použité břitové destičky při původní technologii

Pro původní technologii jsou použité vyměnitelné břitové destičky ze **slinutého karbidu** od různých výrobců. Byly použity břitové destičky od firmy Mitsubishi a ISCAR. Níže jsou uvedeny jednotlivé typy VBD pro jednotlivé operace.

##### - Břitová destička WNMG080408-RS



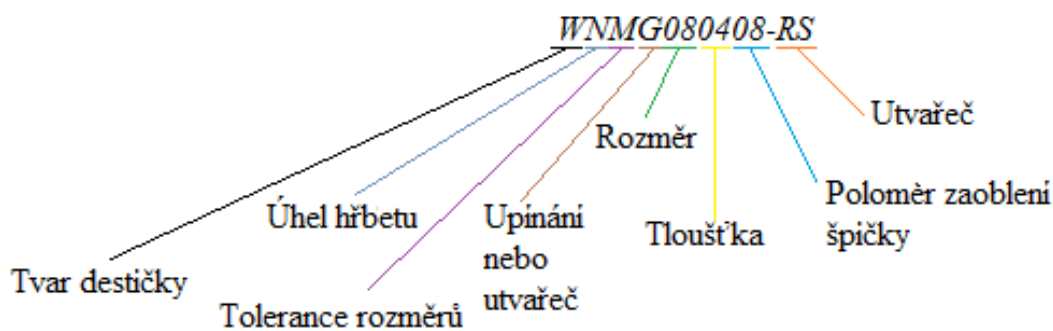
Obr. 8.6 Destička WNMG080408-RS

Tato břitová destička s označením WNMG080408-RS od firmy Mitsubishi se u výroby této součásti používá hlavně při hrubování a výjimečně při dokončování, soustružení úkosu

na hotovo a pro dokončení průměru 500 mm. Vysvětlení značení je uvedeno na obrázku 8.7. Tato destička má tvar trigonu, úhel špičky  $\varepsilon_r = 80^\circ$ , úhel hřbetu  $\alpha = 0^\circ$ , má upínání za díru a oboustranný utvařeč. Dle označení 08 má poloměr špičky 0,8 mm a dle značení 04 má tloušťku 4,76 mm. Je určena pro univerzální řez. Tloušťka je 6,35 mm a poloměr špičky je 0,8 mm. Srovnání doporučených a použitých řezných podmínek je v tabulce 6.

Tab. 8 Srovnání řezných podmínek

Doporučené řezné podmínky výrobcem	Použité řezné podmínky
$v_c = (20 - 70) \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$	$v_c = 53 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$ (Hrubování)
$f = (0,2 - 0,35) \text{ mm}$	$f = 0,25 \text{ mm}$ (Hrubování)
$v_c = (20 - 70) \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$	$v_c = 60 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$ (Dokončování)
$f = (0,2 - 0,35) \text{ mm}$	$f = 0,23 \text{ mm}$ (Dokončování)



Obr. 8.7 Rozbor značení destičky [16]

#### - Břitová destička DNMG150608-RS



Obr. 8.8 Destička DNMG150806-RS

Břitová destička DNMG150806-RS je vyráběna ve firmě Mitsubishi a při výrobě rozvláknovací hlavy se používá výhradně při hrubování délek a průměrů. U této destičky je úhel špičky  $\varepsilon_r = 55^\circ$  a její tvar je kosočtverec. Úhel hřbetu je  $\alpha = 0^\circ$ , upínání je pomocí válcové díry a utvařeč je oboustranný. Tloušťka je 6,35 mm a poloměr špičky je 0,8 mm. Srovnání doporučených a použitých řezných podmínek je v tabulce 7.

Tab. 9 Srovnání řezných parametrů

Doporučené řezné podmínky výrobcem	Použité řezné podmínky
$v_c = (20 - 70) \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$	$v_c = 50 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$ (hrubování)
$f = (0,2 - 0,35) \text{ mm}$	$f = 0,25 \text{ mm}$ (hrubování)
$v_c = (20 - 70) \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$	$v_c = 60 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$ (dokončování)
$f = (0,2 - 0,35) \text{ mm}$	$f = 0,27 \text{ mm}$ (dokončování)

- **Břítová destička CNMG120408-RS**



Obr. 8.9 Destička CNMG120408-RS

Tato destička CNMG120408-RS je jako předchozí destičky od firmy Mitsubishi. Při soustružení rozvláknovací hlavy se používá k hrubování a dokončení předlitého otvoru má tvar kosočtverce a úhel špičky je  $\varepsilon_r = 80^\circ$ . Úhel hřbetu je opět  $\alpha = 0^\circ$ , upínání je pomocí válcové díry a jako v předchozích případech je utvařeč oboustranný. Tloušťka destičky je 4,76 mm a poloměr špičky je 0,8 mm. Používá se pro univerzální řez. Srovnání doporučených a použitých řezných podmínek je v tabulce 8.

Tab. 10 Srovnání řezných parametrů

Doporučené řezné podmínky výrobcem	Použité řezné podmínky
$v_c = (20-75) \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$	$v_c = 48 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
$f = (0,2 - 0,35) \text{ mm}$	$f = 0,2 \text{ mm}$

- **Břítová destička GIMY 525 IC908**



Obr. 8.10 Destička GIMY 525 IC908

Břítová destička označená GIMY 525 IC908 je od firmy ISCAR a při výrobě rozvláknovací hlavy se používá na veškeré dokončení. U této destičky je úhel hřbetu



$\alpha = 7^\circ$ . Poloměr špičky R je 2,5 mm a šířka destičky M je 3,9 mm. Lze použít pro hluboké zapichování a soustružení. Srovnání doporučených a použitých řezných podmínek je v tabulce 9. [12]

Tab. 11 Srovnání řezných parametrů

Doporučené řezné podmínky výrobcem	Použité řezné podmínky
$v_c = (70 - 180) \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$	$v_c = 45 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
$f = (0,11 - 0,21) \text{ mm}$	$f = 0,2 \text{ mm}$

- **Vrták 2468 RT 100F s vnitřním chlazením**



Obr. 8.11 Vrták 2468 RT 100F

Vrták je z firmy GUHRING, a používá se při poslední operaci, která se provádí na rozvlákňovací hlavě a to je vyvrtání dvanácti otvorů o průměru 10,5 mm. Tento vrták má vnitřní chlazení a dovádí chladicí kapalinu přímo k místu řezu a díky tomu je z místa řezu lépe odváděna tříska a zabraňuje se tak i tvorbě nárůstků. Konkrétně tento vrták je monolitní ze slinutého karbidu. Na jeho povrch je nanesen speciální žáruvzdorný povlak, který je na bázi složení titanu, aluminu a nitridu s označením RT 100 F. Úhel nastavení hlavního ostří  $\kappa_r = 70^\circ$ .

Tab. 12 Srovnání řezných parametrů

Doporučené řezné podmínky výrobcem	Použité řezné podmínky
$v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$	$v_c = 29,7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
$f = 0,5 \text{ mm}$	$f = 0,7 \text{ mm}$

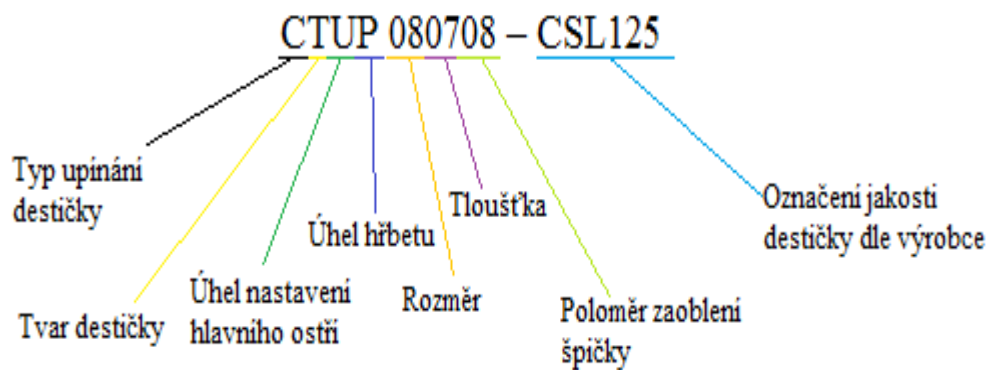
## 9 Návrh nové výrobní technologie

V návrhu nové technologie dochází ke změně řezného materiálu, kdy se nahrazují původní břitové destičky ze **slinutého karbidu** od firmy Mitsubishi za břitové destičky z **řezné keramiky** od firmy Ceramtec. Stroje zůstávají stejné. Vzhledem ke změně řezného materiálu se změní řezné podmínky tj. řezná rychlost, otáčky a posuv. Tyto změny nám zajistí menší strojní čas než při původní technologii. Náklady na nákup nových břitových destiček je oproti destičkám z SK vyšší, ale vzhledem k ušetřenému času, který je o polovinu nižší se nákup břitových destiček z řezné keramiky vyplatí.

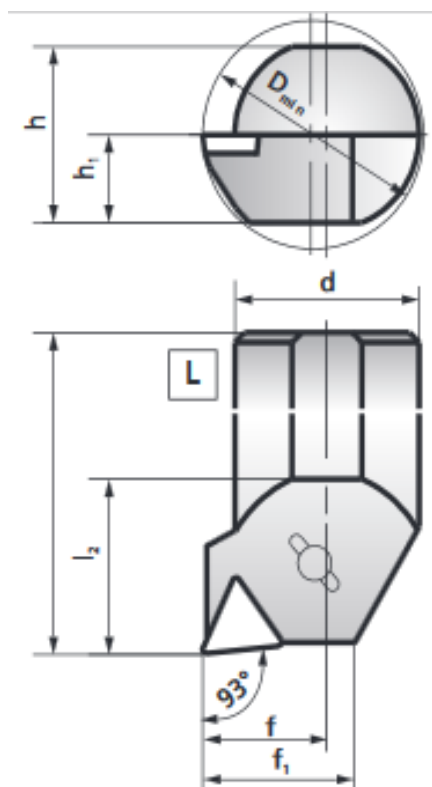
### 9.1 Břitové destičky nové technologie

#### - Břitová destička CTUP 080708 – CSL125

Tato břitová destička nahrazuje destičku WNMG 080408-RS všechny nové břitové destičky jsou od firmy Ceramtec, která se zaměřuje výhradně na výrobu řezné keramiky. Při výrobě této součásti používá hlavně při hrubování a výjimečně při dokončování, soustružení úkosu na hotovo a pro dokončení průměru 500 mm. Tato břitová destička má úhel hřbetu  $\alpha = 11^\circ$  a úhel špičky  $\varepsilon_r = 80^\circ$ , úhel čela  $\gamma = +5^\circ$ , úhel sklonu ostří  $\lambda = 0^\circ$ . Tloušťka břitové destičky je 7 mm a poloměr špičky je 0,8 mm.



Obr. 9.1 Rozbor značení destiček [15]



Obr. 9.2 Parametry nástroje a břitové destičky [15]

Tab. 13 Rozměry nástroje [15]

D	$h_1$	$l_1$	$l_2$	f	$f_1$	h	$\lambda$	$D_{\min}$
25	11,5	200	20	17	20	23	0°	32

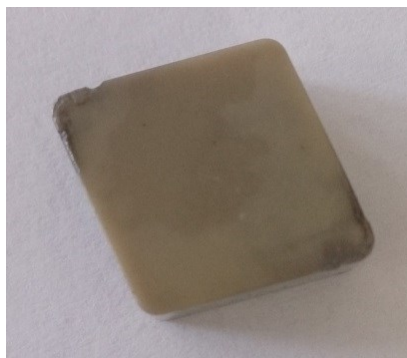
**Legenda tabulky:**

D	průměr tělesa nástroje	[mm]
$h_1$	výška hlavního břitu nože	[mm]
$l_1$	celková délka nože	[mm]
$l_2$	délka upínací části	[mm]
f	šířka upínací částí po osu tělesa nože	[mm]
$f_1$	šířka od špičky nástroje	[mm]
h	výška tělesa nástroje	[mm]
$\lambda$	úhel sklonu ostří	[°]
$D_{\min}$	minimální průměr roztečné kružnice	[mm]

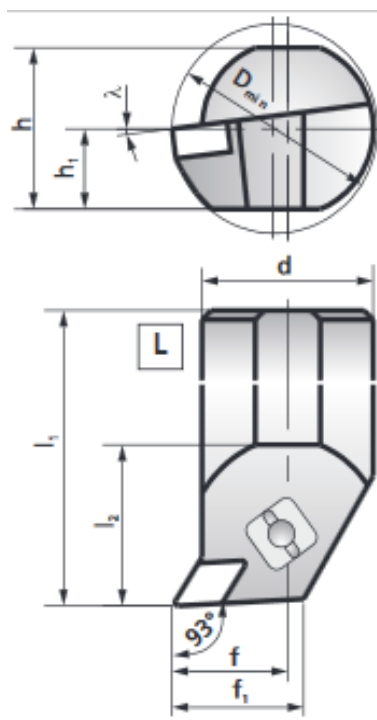
**- Břitová destička CDUN 150708 – CSL725**

Břitová destička nahrazuje destičku s označením DNMG 150608-RS. Při výrobě rozvlákňovací hlavy se používá výhradně při hrubování délek a průměrů. Tato břitová destička má úhel špičky  $\varepsilon_r = 55^\circ$ , úhel hřbetu  $\alpha = 0^\circ$ , úhel čela  $\gamma = -4^\circ$  a úhel sklonu ostří  $\lambda = -13^\circ$ . Tloušťka břitové destičky je 7 mm a poloměr špičky je 0,8 mm.





Obr. 9.3 Břitová destička CDUN 150708-CSL725



Obr. 9.4 Parametry nástroje [15]

Tab. 14 Rozměry nástroje [15]

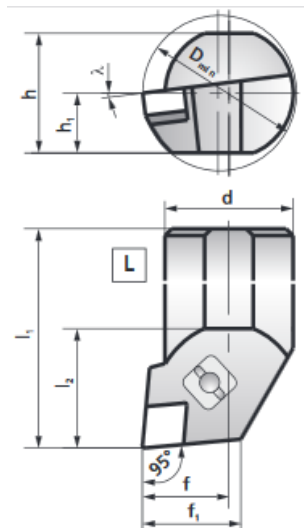
D	$h_1$	$l_1$	$l_2$	f	$f_1$	h	$\lambda$	$D_{\min}$
32	15	250	40	22	32	30	-13°	40

**Legenda tabulky:**

D	průměr tělesa nástroje	[mm]
$h_1$	výška hlavního břitu nože	[mm]
$l_1$	celková délka nože	[mm]
$l_2$	délka upínací části	[mm]
f	šířka upínací částí po osu tělesa nože	[mm]
$f_1$	šířka od špičky nástroje	[mm]
h	výška tělesa nástroje	[mm]
$\lambda$	úhel sklonu ostří	[°]
$D_{\min}$	minimální průměr roztečné kružnice	[mm]

### - Břitová destička CCLN 120708 – CSL725

Břitová destička nahrazuje destičku CNMG 120408-RS. Při soustružení rozvlákňovací hlavy se používá k hrubování a dokončování předlitého otvoru má tvar. Destička má úhel špičky  $\varepsilon_r = 80^\circ$ , úhel hřbetu  $\alpha = 0^\circ$ , úhel čela  $\gamma = -6^\circ$  a úhel sklonu ostří  $\lambda = -12^\circ$ . Tloušťka destičky je 7 mm a poloměr špičky je 0,8 mm



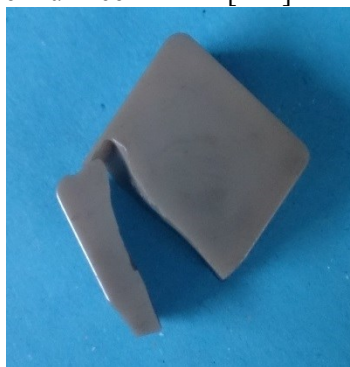
Obr. 9.5 Parametry nástroje [15]

Tab. 15 Rozměry nástroje [15]

D	$h_1$	$l_1$	$l_2$	f	$f_1$	h	$\lambda$	$D_{\min}$
40	18,5	300	35	27	33	37	$-12^\circ$	50

#### Legenda tabulky:

D	průměr tělesa nástroje	[mm]
$h_1$	výška hlavního břitu nože	[mm]
$l_1$	celková délka nože	[mm]
$l_2$	délka upínací části	[mm]
f	šířka upínací částí po osu tělesa nože	[mm]
$f_1$	šířka od špičky nástroje	[mm]
h	výška tělesa nástroje	[mm]
$\lambda$	úhel sklonu ostří	[°]
$D_{\min}$	minimální průměr roztečné kružnice	[mm]



Obr. 9.6 Břitová destička CCLN 120708-CS 1

Technologický postup nové technologie je uveden v **Příloze C**. Jedná se o tabulkový technologický postup. Je v něm obsažen technologický sled operací použité stroje, nástroje, břitové destičky a řezné parametry.

V původním technologickém postupu jsou uvedeny řezné parametry, které byly získány ze zkušeností pracovníků firmy. V novém návrhu technologického postupu rozvláknovací hlavy byly upraveny doporučené řezné podmínky od výrobců a přepočítány pro potřeby strojů. Níže (9.1, 9.2) je uveden výpočet strojního času pro operaci soustružení.

#### - Příklad výpočtu otáček a strojního času při soustružení

Příklad výpočtu je uveden pro první operaci v novém technologickém postupu. Počet drah nástroje a posuv je zjištěn od pracovníků firmy.

$$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * D} \quad (9.1)$$

$$n = \frac{120 * 1000}{\pi * 329,47}$$

$$n = 115,9 \text{ min}^{-1}$$

Volím dle otáčkové řady  $n = 112 \text{ min}^{-1}$

$$i = 4$$

$$T_{ACN} = \frac{L * i}{f * n} \quad (9.2)$$

$$T_{ACN} = \frac{42,235 * 4}{0,26 * 112}$$

$$T_{ACN} = 5,8 \text{ min}$$

#### Legenda k výpočtům:

n	otáčky vřetene	$[\text{min}^{-1}]$
$v_c$	řezná rychlost	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
D	obráběný průměr	$[\text{mm}]$
i	počet drah nástroje	-
$T_{ACN}$	strojní čas	$[\text{min}]$
L	délka dráhy nástroje	$[\text{mm}]$
f	posuv	$[\text{mm}]$

## 10 Technicko – ekonomické zhodnocení

Strojní časy byly sečteny dle jednotlivých časů operací a následně do celkového strojního času. U původní technologie byly časy jednotlivých operací získány od pracovníků firmy. V nové technologii byly časy jednotlivých operací dopočítány dle daných vzorců. Výrobní čas je spočítán součtem časů strávených na CNC soustruhu CTX – 600 Serie2 a na CNC obráběcím centru MCFV 1260 Standard. Sazba obou strojů byla zjištěna od pracovníků firmy a její součet je 1000 Kč.

### 10.1 Výpočet úspory

- Původní technologie

Tab. 17 Náklady původní technologie

Původní technologie			
DESTIČKA	SPOTŘEBA BŘITŮ/KS	CENA BŘITU [Kč]	NÁKLADY ZA VBD/KS [Kč]
WNMG080408-RS	5	52	260
DNMG150608-RS	2	45	90
CNMG120408-RS	1	45	45
<b>NÁKLADY ZA DESTIČKY CELKEM [Kč]</b>			<b>395</b>
	VÝR. ČAS [hod]	SAZBA STROJŮ [Kč]	
	CTX-600 Serie2 + MCFV 1260 Standard	CTX-600 Serie2 + MCFV 1260 Standard	NÁKLADY – STROJNÍ [Kč]
<b>ROZVL. HLAVA 141 I</b>	<b>3,5</b>	<b>1000</b>	<b>3500</b>
<b>NÁKLADY DES. + STROJNÍ/KS [Kč]</b>			<b>3895</b>
	HODIN	POČET KUSŮ ZA SMĚNU	NÁKLADY CELKEM ZA SMĚNU [Kč]
<b>SMĚNA</b>	<b>7,5</b>	<b>2</b>	<b>8346</b>
PRODEJNÍ CENA [Kč]			3850
<b>NÁKLADY CELKEM/SMĚNU [Kč]</b>			<b>8346</b>
<b>TRŽBA ZA SMĚNU [Kč]</b>			<b>8250</b>
<b>ROZDÍL PŘÍJMŮ A NÁKLADŮ ZA SMĚNU +/- [Kč]</b>			<b>-96</b>

**- Výpočet strojního času**

$$T_{ACP} = T_{ACP1} + T_{ACP2} + \dots T_{ACP14} = 12,5 + 14,9 + \dots 13,59 \quad (10.1)$$

$$T_{ACP} = 220,29 \text{ min} = 3,5 \text{ hod}$$

$T_{ACP}$ ...Celkový strojní čas [min]

$T_{ACP1-14}$ ... Čas jednotlivých operací [min]

**- Výpočet nákladů na destičky**

$$N_{DP} = N_{DP1} + N_{DP2} + N_{DP3} = 260 + 90 + 45 \quad (10.2)$$

$$N_{DP} = 395 \text{ Kč}$$

**- Výpočet strojních nákladů**

$$N_{SP} = T_{ACP} \cdot HS = 3,5 \cdot 1000 \quad (10.3)$$

$$N_{SP} = 3500 \text{ Kč}$$

$N_{SP}$ ... Strojní náklady [Kč]

$HS$ ... Hodinová sazba stroje [Kč]

**- Celkové náklady za směnu**

$$N_{CP} = (N_{SP} + C_{DP}) \cdot K_P = (3500 + 395) \cdot 2,1 \quad (10.4)$$

$$N_{CP} = 8\,346 \text{ Kč}$$

$C_{DP}$ ...Cena břitových destiček původní technologie [Kč]

$N_{CP}$ ... Celkové náklady za směnu [Kč]

$K_P$ ...Počet kusů za směnu [ks]

**- Tržba za směnu**

$$U_{SP} = K_P \cdot C_P = 2,1 \cdot 3850 \quad (10.5)$$

$$U_{SP} = 8\,250 \text{ Kč}$$

$U_{SP}$ ...Tržba za směnu [Kč]

$C_P$ ...Prodejní cena za 1 kus [Kč]

- **Rozdíl příjmů a nákladů za směnu**

$$R_P = T_{CP} - N_{CP} = 8250 - 8346 \quad (10.6)$$

$$R_P = -96 \text{ Kč}$$

$R_P$ ...Rozdíl příjmů a nákladů za směnu [Kč]

• **Nová technologie**

Tab. 18 Náklady nové technologie

Nová technologie			
DESTIČKA	SPOTŘEBA BŘITŮ/KS	CENA BŘITU [Kč]	NÁKLADY ZA VBD/KS [Kč]
CTUP080408-CSL125	6	95	570
CDUN 15E080-CSL 725	4	87,5	350
CCLN 120708-CSL725	2	87,5	175
<b>NÁKLADY ZA DESTIČKY CELKEM[Kč]</b>			<b>1095</b>
	VÝR. ČAS [hod]	SAZBA STROJŮ [Kč]	
	CTX-600 Serie2 + MCFV1260 Standard	CTX-600 Serie2 + MCFV1260 Standard	NÁKLADY – STROJNÍ [Kč]
<b>ROZVL. HLAVA 141 I</b>	<b>2,1</b>	<b>1000</b>	<b>2100</b>
<b>NÁKLADY DES. + STROJNÍ/KS [Kč]</b>			<b>3195</b>
	HODIN	POČET KUSŮ ZA SMĚNU	NÁKLADY CELKEM ZA SMĚNU [Kč]
<b>POČET KUSŮ ZA SMĚNU</b>	<b>7,5</b>	<b>3</b>	<b>11 411</b>
<b>PRODEJNÍ CENA [Kč]</b>			<b>3850</b>
<b>NÁKLADY CELKEM/SMĚNU [Kč]</b>			<b>11411</b>
<b>TRŽBA ZA SMĚNU [Kč]</b>			<b>13750</b>
<b>ROZDÍL PŘÍJMŮ A NÁKLADŮ ZA SMĚNU +/- [Kč]</b>			<b>2339</b>

**- Výpočet strojního času**

$$T_{ACN} = T_{ACN1} + T_{ACN2} + \dots T_{ACN14} = 5,8 + 8,6 + \dots 13,59 \quad (10.7)$$

$$T_{ACN} = 126,58 \text{ min} = 2,1 \text{ hod}$$

$T_{ACN}$ ... Celkový strojní čas [min]

$T_{ACN1-14}$ ... Čas jednotlivých operací [hod]

**- Výpočet nákladů na destičky**

$$N_{DN} = N_{DN1} + N_{DN2} + N_{DN3} = 570 + 350 + 175 \quad (10.8)$$

$$N_{DN} = 1\,095 \text{ Kč}$$

**- Výpočet strojních nákladů**

$$N_{SN} = T_{ACN} \cdot HS = 2,1 \cdot 1000 \quad (10.9)$$

$$N_{SN} = 2\,100 \text{ Kč}$$

$N_{SN}$ ... Strojní náklady [Kč]

$HS$ ... Hodinová sazba stroje [Kč]

**- Celkové náklady za směnu**

$$N_{CN} = (N_{SN} + C_{DN}) \cdot K_N = (2100 + 1095) \cdot 3,6 \quad (10.10)$$

$$N_{CN} = 11\,411 \text{ Kč}$$

$C_{DN}$ ... Cena břitových destiček nové technologie [Kč]

$N_{CN}$ ... Celkové náklady za směnu [Kč]

$K_N$ ... Počet kusů za směnu [Ks]

- **Tržba za směnu**

$$U_{SN} = K_N \cdot C_{PN} = 3,6 \cdot 3850 \quad (10.11)$$

$$U_{SN} = 13\,750 \text{ Kč}$$

$U_{SN}$ ...Tržba za směnu [Kč]

$C_P$ ...Prodejní cena za 1 kus [Kč]

- **Rozdíl příjmů a nákladů za směnu**

$$R_N = T_{CS} - N_{CS} = 13750 - 11411 \quad (10.12)$$

$$R_N = 2\,339 \text{ Kč}$$

$R_N$ ...Rozdíl příjmů a nákladů za směnu [Kč]

• **Porovnání původní a nové technologie**

V původní technologii byly použity destičky ze slinutého karbidu, ty byly nahrazeny břitovými destičkami z řezné keramiky, díky kterým lze použít vyšší řezné rychlosti.

**Byly použity tyto břitové destičky:**

- CTUP 080708 – CSL125

- CDUN 150708 – CSL725

- CCLN 120708 – CSL725

Tab. 19 Finanční srovnání technologií

ROZDÍL ČASŮ PRO NOVOU TECHNOLOGII +/-			1,56 hod.
CELKOVÝ PŘÍNOS NOVÉ TECHNOLOGIE ZA SMĚNU +/-			1 560 Kč



- **Úspora časů je rozdíl původní a nové technologie**

$$T_U = T_{ACP} - T_{ACN} = 220,29 - 126,58 \quad (10.13)$$

$$T_U = 93,71 \text{ min} = 1,56 \text{ hod}$$

- **Celková finanční úspora je pak součin úspory časů a hodinové sazby stroje**

$$U = T_U \cdot HS = 1,56 \cdot 1000 \quad (10.14)$$

$$U = 1\,560 \text{ Kč}$$

U...Celková finanční úspora na 1 kus [Kč]

• **Shrnutí**

Součtem jednotlivých časů operací jsme dostali celkový výrobní čas jak původní tak i nové technologie. Čas je rozdílný na první pohled, z původního času **220,29 min** byl čas snížen na **126,58 min**. Celková úspora času je **93,71 min**. Průměrná sazba stroje dle záznamů firmy je **1000 Kč**. Díky výměně břitových destiček úspora na jeden kus činí **1560 Kč**.

## 11 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byl návrh nové technologie výroby rozvlákňovací hlavy a tím snížit strojní čas a náklady na výrobu. Bakalářská práce byla zadána ve firmě PBS Velká Bíteš a.s. V průběhu práce byl proveden rozbor původní technologie výroby, použitých strojů a jejich parametrů, použité břitové destičky, jejich značení a řezné podmínky. Poté byl vypracován návrh nové technologie výroby. Došlo k výměně břitových destiček, místo destiček ze slinutého karbidu byly použity destičky z řezné keramiky.

Výměnou břitových destiček, které mohou využívat vyšší řezné podmínky tj. řezná rychlost, posuv a otáčky došlo k urychlení výroby. Při návrhu nové technologie je celkový výrobní čas 126,58 min, čas přípravný, do kterého je zahrnuta výměna nástrojů, přeměření prvního kusu a jeho odladění se oproti původní technologii nezměnil. Přípravný čas činí 290 min. Výrobní čas byl snížen z 220,29 min na 126,58 min. Úspora času je tedy 93,71 min, a došlo tedy k zefektivnění výroby.

Hodinová sazba strojů, která byla sdělena pracovníky firmy, je 1 000 Kč. Celková úspora a jeden kus činí 1560 Kč. Pro firmu PBS Velká Bíteš a.s. je to pozitivní a nezanedbatelný výsledek. Firma PBS Velká Bíteš bude využívat pro výrobu rozvlákňovací hlavy novou technologii výroby – destičky z řezné keramiky, které mají pro výrobu příznivý vliv jak po technologické, tak i ekonomické stránce.

Přílohy, které jsou součástí této bakalářské práce, obsahují výrobní výkres, původní technologický postup a nový technologický postup výroby rozvlákňovací hlavy.

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Šárce Malotové z Katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie, VŠB – TU Ostrava za cenné a podnětné rady a připomínky při vypracování mé bakalářské práce. Děkuji Ing. Zdeňku Vyskočilovi za poskytnutí dat a cenných informací a za umožnění vypracování práce ve firmě PBS Velká Bíteš a.s. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu při studiu.

## Seznam použité literatury

- [1] MRKVICA, Ivan. Návod ke cvičení z obráběcích nástrojů. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1999. ISBN 80-7078-624-8.
- [2] Ultra tvrdé nástroje. *Rotana.cz* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.rotana.cz/35-ultratvrde-nastroje.html>
- [3] Nástrojové řezné materiály. *Coptel.coptkm.cz* [online]. 2011 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=25316&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>
- [4] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl./I* Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [5] BILÍK, Oldřich. *Obrábění 2 – 2. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1995. 113 s. ISBN 80-7078-944-1.
- [6] AB SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění: Kniha pro praktiky*. Praha: Scientia, 1997. 1470 s. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [7] Nástrojové oceli obecně. *Tumlikovo.cz* [online]. 2010 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/nastrojovematerialy/nastrojove-oceli/>
- [8] Manganové oceli. *Strojiranstvi.studentske.cz* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://strojiranstvi.studentske.cz/2008/10/manganov-oceli.html>
- [9] Wolframové oceli. *Strojiranstvi.studentske.cz* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://strojiranstvi.studentske.cz/2008/10/wolframov-oceli.html>
- [10] Rychlořezné nástrojové oceli třídy 19, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo.cz* [online]. 2011 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rychlomezne-nastrojove-oceli-tridy-19-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [11] Prášková metalurgie. *Jhamernik.sweb.cz* [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/Metalurgie.htm>

- [12] Iscar tools catalogue. *Iscar.com* [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=6405331&fnum=2627&mapp=TG&app=177&GFSTYP=M>
- [13] Zeiss Accura. *Zeiss.cz* [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: [http://www.zeiss.cz/industrial-metrology/cs\\_cz/produkty/systemy/bridge-type-cmms/accura.html](http://www.zeiss.cz/industrial-metrology/cs_cz/produkty/systemy/bridge-type-cmms/accura.html)
- [14] MCFV 1260. *ZPS.cz* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.zps.cz/cs/MCFV-1260>
- [15] Ceramtec tools catalogue. *Ceramtec.com* [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [https://www.ceramtec.com/files/wz\\_spk-drehwerkzeuge\\_de\\_en\\_fr.pdf](https://www.ceramtec.com/files/wz_spk-drehwerkzeuge_de_en_fr.pdf)
- [16] Katalog destiček. *Mcncz.cz* [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://mhg-mediastore.net/epaper/N017/CZ/>
- [17] WHITNEY, E. DOW. CERAMICS CUTTING TOOLS – Materials, Development and Performance. Gainesville: Notes Publications, 1994. 353 s ISBN 0-8155-1355-0
- [18] High - speed steels. *Atsteels.com* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.atsteels.com/stal-narzedziowa-stal-szybkotnaca.html#.VzBnBeRrVS0>
- [19] PCD/CBN Materials. *Americancarbidetool.com* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.americancarbidetool.com/technical-support/pcdcbn-materials/>
- [20] Cermets. *Moldmakingtechnology.com* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.moldmakingtechnology.com/articles/cermets-a-machinist's-tooling-solution>

## Seznam obrázků

OBR. 1.1 VÝVOJ MATERIÁLŮ PRO OBRÁBECÍ NÁSTROJE .....	11
OBR. 3.1 NÁSTROJE Z RYCHLOŘEZNÉ OCELI .....	15
OBR. 4.1 NÁSTROJE ZE SLINUTÝCH KARBIDŮ .....	18
OBR. 4.2 POVLAKOVANÉ DESTIČKY Z SK .....	19
OBR. 4.3 ČELNÍ FRÉZA S VRTÁKEM Z SK .....	19
OBR. 5.1 NÁSTROJE Z ŘEZNÉ KERAMIKY .....	20
OBR. 6.1 NÁSTROJE A VBD Z CERMETŮ .....	21
OBR. 7.1 FRÉZA Z DIAMANTU .....	22
OBR. 7.2 NÁSTROJE A VBD Z KUBICKÉHO NITRIDU BÓRU .....	22
OBR. 8.1 3D MODEL ROZVLÁKŇOVACÍ HLAVY .....	23
OBR. 8.2 ROZVLÁKŇOVACÍ HLAVA .....	23
OBR. 8.3 CNC SOUSTRUH CTX 600 SERIE 2 GILDEMEISTER .....	25
OBR. 8.4 OBRÁBECÍ CENTRUM MCFV 1260 STANDARD .....	26
OBR. 8.5 MĚŘÍCÍ STROJ ZEISS ACURRA 2 .....	27
OBR. 8.6 DESTIČKA WNMG080408-RS .....	27
OBR. 8.7 ROZBOR ZNAČENÍ DESTIČKY .....	28
OBR. 8.8 DESTIČKA DNMG150806-RS .....	28
OBR. 8.9 DESTIČKA CNMG120408-RS .....	29
OBR. 8.10 DESTIČKA GIMY 525 IC908 .....	29
OBR. 8.11 VRTÁK 2468 RT 100F .....	30
OBR. 9.1 ROZBOR ZNAČENÍ DESTIČEK .....	31
OBR. 9.2 PARAMETRY NÁSTROJE A BŘITOVÉ DESTIČKY .....	32
OBR. 9.3 BŘITOVÁ DESTIČKA CDUN 150708-CSL725 .....	33
OBR. 9.4 PARAMETRY NÁSTROJE .....	33
OBR. 9.5 PARAMETRY NÁSTROJE .....	34
OBR. 9.6 BŘITOVÁ DESTIČKA CCLN 120708-CS 1 .....	34

## Seznam tabulek

TAB. 1 ROZDĚLENÍ NÁSTROJOVÝCH OCELÍ.....	14
TAB. 2 ROZDĚLENÍ RYCHLOŘEZNÝCH OCELÍ 1 .....	16
TAB. 3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MATERIÁLU 141 I.....	24
TAB. 4 MECHANICKÉ VLASTNOSTI 141 I PŘI ZKOUŠENÍ ZA RŮZNÝCH TEPLOT .....	24
TAB. 5 TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE CTX - 600 .....	25
TAB. 6 TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE MCFV 1260 STANDARD.....	26
TAB. 7 TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE ZEISS ACURRA 2 .....	27
TAB. 8 SROVNÁNÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK .....	28
TAB. 9 SROVNÁNÍ ŘEZNÝCH PARAMETRŮ .....	29
TAB. 10 SROVNÁNÍ ŘEZNÝCH PARAMETRŮ .....	29
TAB. 11 SROVNÁNÍ ŘEZNÝCH PARAMETRŮ .....	30
TAB. 12 SROVNÁNÍ ŘEZNÝCH PARAMETRŮ .....	30
TAB. 13 ROZMĚRY NÁSTROJE .....	32
TAB. 14 ROZMĚRY NÁSTROJE .....	33
TAB. 15 ROZMĚRY NÁSTROJE .....	34
TAB. 17 NÁKLADY PŮVODNÍ TECHNOLOGIE.....	36
TAB. 18 NÁKLADY NOVÉ TECHNOLOGIE .....	38
TAB. 19 FINANČNÍ SROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ .....	40

## **Seznam příloh**

<b>Příloha A</b>	<b>Výrobní výkres součásti</b>
<b>Příloha B</b>	<b>Technologický postup původní technologie</b>
<b>Příloha C</b>	<b>Technologický postup nové technologie</b>